

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK FAKÜLTESİ
ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

BİTİRME TEZİ

STATİK REAKTİF GÜÇ KOMPAZASYONU
VE UYGULAMA DEVRESİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hüseyin ÇAKIR

Emrullah AYDOĞDU

03012135

Oğuz OLGUN

03012002

İSTANBUL 2007

1. GİRİŞ

Güç sistemlerinde işletmeyi kolaylaştırmak, verimliliği arttırmak ve enerji tutumluluğunu sağlamanın en etkin önlemlerinden birini “Reaktif Güç Kompanzasyonu” oluşturmaktadır.

Dünyamızın son yıllarda karşı karşıya kaldığı enerji krizi, araştırmacıları bir yandan yeni enerji kaynaklarına yöneltirken diğer yandan daha verimli sistemlerin tasarlanması ve kurulmuş olan enerji kaynaklarının en verimli ve kaliteli şekilde kullanılması yönünde çalışmaların yoğunlaşmasına neden olmuştur.

Bir AC şebekenin kalitesi şunlara bağlıdır:

1-Gerilim ve frekansın sabitliği

2-Güç faktörünün bire yakınlığı

3-Faz akım ve gerilimlerinin dengeliliği

4-Kesintisiz enerji verebilmesi

5-Harmonik şartlarının uygun olması

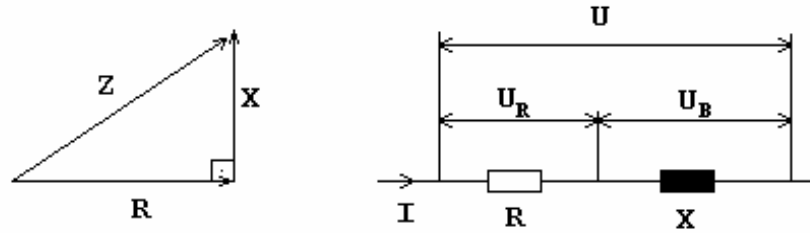
Elektrik enerjisinin, asrımızın en yaygın kaynaklarından biri olarak üretildiği, santralden en küçük alıcıya kadar dağıtımında en az kayıpla taşınmanın yolları ve hesapları yapılmaktadır.

Dünyamızda elektrik enerjisine ihtiyacın her geçen gün biraz daha artması, enerji üretiminin biraz daha pahalılaşması, taşınan enerjinin de kaliteli, ucuz ve hakiki iş gören aktif enerji olmasını daha zorunlu kılmaktadır.

2.GENEL BİLGİLER

2.1. Zahiri, Aktif ve Reaktif Direnç

Bir devrenin zahiri direnci OHM Kanununa göre bu devreye tatbik edilen gerilim ve geçen akıma göre bulunmaktadır. Alternatif akımda zahiri direnç Z 'nin bir aktif (R) bir de reaktif (X) bileşeni bulunmaktadır.



Şekil 2. 1- Zahiri, aktif, reaktif direnç ve fazör diyagramları

$$R = U_R / I$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$X = U_B / I$$

$$Z = U / I \quad (\text{Ohm} = \text{V} / \text{A})$$

Bir elektrik devresinin içerisindeki cihazlar zahiri direnci teşkil ederler ve akımın gerilime göre faz durumunu tayin ederler. Bunun için 3 hal mümkündür:

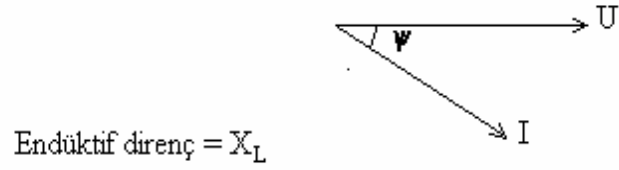
1 - Devredeki cihazlar sadece omik değerdedir. (Akkor flamanlı lambalar)

$$X = 0 \Rightarrow Z = \sqrt{R^2 + 0^2} = R$$

Şekil 2. 2. Omik direnç ifadesi ve fazör diyagramı

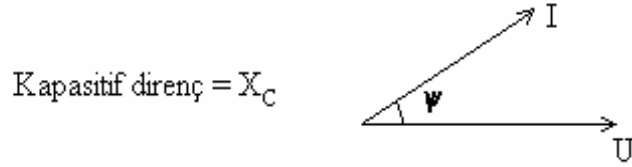
Akım ve gerilim vektörel olarak aynı fazdadır.

2 - Devredeki cihazlar endüktif (ϕ) karakteristiktir. Akım vektörel olarak, gerilime göre ϕ açısı kadar geridedir. (Transformatörler, motorlar, bobinler.)



Şekil 2. 3. Endüktif direncin fazör diyagramı

3 - Devredeki cihazlar kondansatörler gibi kapasitif karakteristiktir. Akım vektörel olarak gerilime göre ϕ açısı kadar ileridedir.



Şekil 2. 4. Kapasitif direncin fazör diyagramı

$$X_L = 2.\pi.f.L = \omega L \text{ (Ohm)}$$

$$X_C = 1 / 2.\pi.f.C = 1 / \omega C \text{ (Ohm)}$$

$$L = \text{indüktivite (Henry) [H]}$$

$$C = \text{kapasite (Farad) [F]}$$

$$f = \text{frekans (Hertz) [Hz]}$$

2.1.1. Omik Direnç (Aktif Direnç)

Omik direnç R , içerisinde bir indükleme veya kapasite olayı olmayan dirençtir. (Akkor flamanlı lambalar, elektrikli ısıtıcılar.) Bu direnç efektif gerilim veya akım değerlerinden $R = U / I$ olarak bulunur. Aktif direnç içerisinde geçen akımda aktif akımdır. Ölçülen gerilim ve akım efektif değerlerdir. Maksimum ani değerleri bulmak için ölçülen akım ve gerilimin $\sqrt{2} \sim 1.41$ katı alınmalıdır.

2.1.2. Endüktif Direnç

İçinden her akım geçen telin etrafında daima bir manyetik alan mevcuttur. Bir bobin halinde sarılan telin manyetik alanında daha fazla olacaktır. Böylelikle bobin bir gerilim endükleyici özelliğine sahiptir. Hareket halinde bulunan elektronlar, sanki yanındaki elektronlarla bir yay vasıtasıyla bağlanmış gibi bu bobin uçlarına bir gerilim tatbik edildiğinde ileri – geri harekete başlarlar.

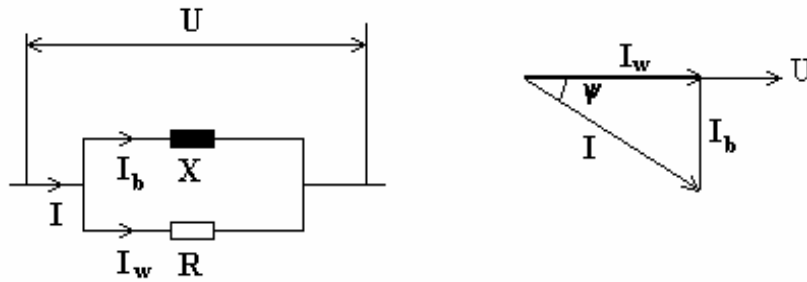
Bir bobinde kendi kendine indüklemeye olayı bu bobin içindeki akımın akmasına engel olacak şekilde durum göstermektedir ve gerilim ile akım arasında bir faz kayması mevcuttur.

Şebekeye bağlı bir alıcı, eğer bir motor, bir transformatör, bir floresan lamba ise, bunlar manyetik alanlarının temini için bağlı oldukları şebekeden bir reaktif akım çekerler.

2.2. Faz Farkı Olan Akımın Aktif ve Reaktif Bileşenleri

Gerilim ile akım arasındaki faz farkını akımı bileşenlerine ayırarak izah etmek mümkündür.

I alternatif akımın aktif = I_w , reaktif = I_b bileşenleri, birbirine paralel bağlı aktif ve reaktif dirençlerin üzerinden geçen akımlardır.



Şekil 2. 5. Alternatif akımın aktif ve reaktif bileşenleri

$$I_w = U / R = I \cdot \cos \varphi$$

$$I = U / Z = \sqrt{I_w^2 + I_b^2}$$

$$I_b = U / X = I \cdot \sin \varphi$$

2.3. Zahiri, Aktif ve Reaktif Güç

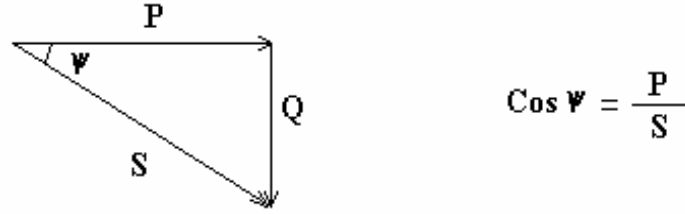
Elektriksel güç; bir devreye tatbik edilen gerilimle bunun doğurduğu akımın bir sonucudur.

$$\text{Zahiri Güç } S = U \cdot I \quad (\text{VA})$$

$$\text{Aktif Güç } P = U \cdot I_w = U \cdot I \cdot \cos\varphi = S \cdot \cos\varphi \quad (\text{W})$$

$$\text{Reaktif Güç } Q = U \cdot I_b = U \cdot I \cdot \sin\varphi = S \cdot \sin\varphi \quad (\text{VAR})$$

$P = S \cdot \cos\varphi$ ' de aktif güç zahiri gücün $\cos\varphi$ ile çarpılmasıyla elde edildiği için $\cos\varphi$ ' ye aktif güç katsayısı veya kısaca güç katsayısı adı verilmektedir.

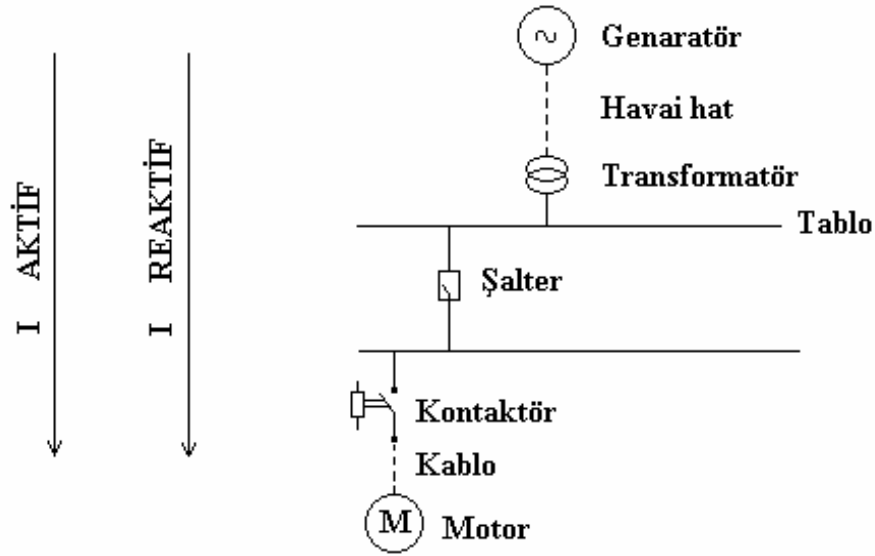


Şekil 2. 6. Aktif, reaktif ve görünen güç fazör diyagramı

Aktif güç ile zahiri güç arasındaki açı, gerilimle akım arasındaki aynı faz açısı halde $\cos\varphi$ ile faz farkı ifade edilebilir

$$\cos\varphi = 1 \quad (\text{Sadece aktif güç mevcuttur. } \varphi = 0 \text{ derece})$$

$$\cos\varphi = 0 \quad (\text{Sadece reaktif güç mevcuttur. } \varphi = 90 \text{ derece})$$



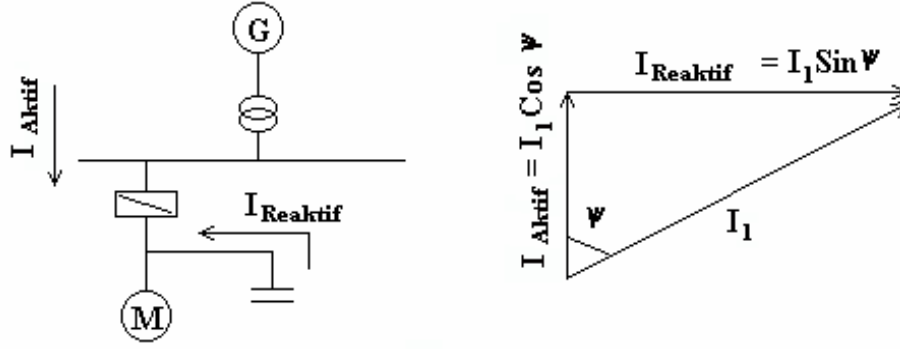
Şekil 2. 7. Akımın üreticiden tüketiciye kadar izlediği yol

2.3.1. Reaktif Güç Gereksinimi

Güç faktörü düzeltmede başlangıç noktası, yük karakteristiğinin tam olarak belirlenmesidir. İşe güç sistemi yönünden bakıldığında, sistemin en fazla zorlandığı yükteki güç faktörünün bilinmesi yeterlidir.

Santralde üretilen bir enerji, aktif ve reaktif akım adı altında en küçük alıcıya kadar beraberce akmakta, iş yapmayan, sadece motorda magnetik alan doğurmaya yarayan reaktif akım, havai hatta, trafoda, tablo, şalterler ve kabloda lüzumsuz yere kayıplara sebebiyet vermektedir. Bu kayıplar yok edilirse, şüphesiz trafo daha fazla motoru besleyebilecek bir kapasiteye sahip olacak, bununla beraber disjonktör (kesici) lüzumsuz yere büyük seçilmeyecek, kablo ise daha küçük kesitte seçilebilecektir.

Daha ilk bakışta reaktif akımın santralden alıcıya kadar taşınması, büyük ekonomik kayıp olarak görünmektedir. Genellikle enerji dağıtım şebekelerinde lüzumsuz yere taşınan bu enerji, taşınan aktif enerjinin % 75 – 100'ü arasında tespit edilmektedir. Bu reaktif enerjinin santral yerine, motora en yakın bir mahalden gerek kondansatör tesisleri, gerekse senkron döner makinalar tarafından temin edilmesiyle, santralden motora kadar bütün tesisler bu reaktif akımın taşınmasından, yükünden arınmış olacaktır.



Şekil 2.8. Akımın aktif ve reaktif bileşenleri

I_1 : Zahiri akım $I_1 \cdot \cos \varphi$: Aktif akım $I_1 \cdot \sin \varphi$: Reaktif akım

Santralden motora kadar bütün hatlar, tesisler ;

$I \cdot \cos \varphi + I \cdot \sin \varphi = I_{\text{aktif}} + I_{\text{reaktif}}$ akımının toplamı ile yüklenmekte, motor ise ancak $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$ aktif enerjiyi almaktadır.

Akımın aktif bileşeni ;

- Motorlarda mekanik gücü,
- Isıtıcılarda teknik gücü,
- Lambalarda aydınlatma gücünü oluşturan faydalı bileşendir.

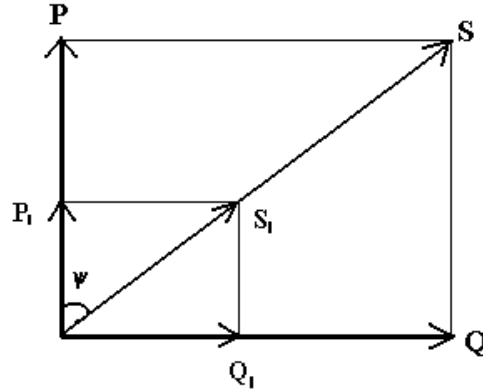
Akımın reaktif bileşeni ;

- Jeneratör
- Transformatör
- Motor
- Bobin

gibi elektrik cihazlarının çalışması için gerekli magnetik alanı meydana getirir.

Magnetik alanı meydana getiren mıknatıslanma akımı endüktif (geri – fazda) karakterde olup şebekeden çekilir ve akımın sıfırdan geçtiği anda alan ortadan

kalkınca tekrar şebekeye iade edilir. Bu nedenle reaktif güç, üretici ile tüketici arasında sürekli olarak şebeke frekansının 2 katı bir frekansla salınır.



Şekil 2.9. Zahiri güç fazör diyagramı

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \text{ Görünen güç}$$

Aktif güçle, aktif akım gerilimle aynı fazdadır. Çekilen güç endüktif ise zahiri güç ile I hat akımı gerilimden ϕ açısı kadar geri fazdadır.

U : Hat gerilimi (Fazlar arası gerilim)

I : Hat akımı

S : Zahiri güç (VA)

P : Aktif güç (W)

Q : Reaktif güç (VAR)

ϕ : Faz açısı

Aktif akım : $I_p = I \cdot \cos\phi$ Reaktif akım : $I_q = I \cdot \sin\phi$ Hat akımı : $I = \sqrt{I_p^2 + I_q^2}$

Aktif güç : $P = S \cdot \cos\phi$ Reaktif güç : $Q = S \cdot \sin\phi$ Zahiri güç : $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

Aktif akımın meydana getirdiği aktif güç, tüketici tarafından faydalı hale getirilir; Mesela motorlarda mekanik güce, ısı tüketicilerinde termik güce ve aydınlatma tüketicilerinde aydınlatma gücüne dönüşür. Reaktif akımın meydana getirdiği reaktif güç ise faydalı güce çevrilemez. Reaktif güç, yalnız alternatif akıma bağlı bir özellik olup, elektrik tesislerine istenmeyen bir şekilde tesir eder; generatörleri, transformatörleri, hatları, bobinleri gereksiz olarak işgal eder ve lüzumsuz yere yükler, ayrıca bunların üzerinde ilave ısı kayıplarına ve gerilim

düşümlerine yol açar. Aktif güç enerjisi normal sayaçlarda tespit edildiği halde reaktif enerji böyle bir sayaç ile kontrol edilemez, bunu kaydetmek için ayrı bir reaktif enerji sayacına ihtiyaç vardır.

2.3.2. Reaktif Güç Tüketicileri

Magnetik veya statik alanla çalışan bütün elektrikli araçlar şebekeden aktif güç yanında reaktif güç çeker; bazı koşullar altında da reaktif güç verir. Bu tip önemli bazı araçlar şunlardır:

- Düşük ikazlı senkron makineler
- Asenkron motorlar
- Senkron motorlar
- Bobinler
- Transformatörler
- Redresörler
- Endüksiyon fırınları, ark fırınları
- Kaynak makineleri
- Hava hatları
- Floresan lamba balastları
- Sodyum ve cıva buharlı lamba balastları
- Neon lamba balastları

2.3.3. Reaktif Güç Üreten Araçlar

Tüketicilerin reaktif güç ihtiyaçlarını karşılamak için 2 tip araçtan yararlanılır:

Dinamik faz kaydırıcılar, aşırı ikaz edilmiş senkron makinalar (Senkron kompensatörler), statik faz kaydırıcılar, kondansatörler.

Kondansatörlerin kayıpları çok düşük olup, nominal güçlerinin % 0.5' inin altındadır. Bakım masrafları ihmale gelebilecek kadar azdır. Tüketicilerin hemen yanına ve istenilen büyüklükte tesis edilebilme kolaylıkları da vardır. Bu nedenle tercih edilirler.

Kompanzasyon tesislerinde 2 tip kondansatör kullanılır;

1. Yağlı Tip Kondansatör: Belli periyotlarda bakım gerektirirler. (Suyunun değişmesi vb.)
2. Kuru Tip Kondansatör: Bakım gerektirmezler. En kötü yanı harmoniklerinin fazla olmasıdır.

2.3.4. Güç Faktörünün Doğurduğu Sorunlar ve Sonuçları

Tüketicilerin güç faktörü belirli limitlerin altında kaldığı sürece besleme sisteminin ortalama güç faktörü de düşük olur. Düşük güç faktörünün etkileri şöyle özetlenebilir:

Üretici Yönünden

Kurulacak bir tesiste:

- Generatör ve transformatörlerin daha büyük güçte seçilmesine,
- İletkenlerin daha kalın kesitli olmasına, cihazlarının daha büyük ve hassas olmasına

neden olur.

Kurulu bir tesiste:

- Üretim, iletim ve dağıtımda kapasite ve verimin düşmesine,
- İletkenlerde kayıpların ve gerilim düşümünün artmasına,
- Gerilim regülasyonu ve işletmeciliğin zorlaşmasına neden olur.

Sonuç: Üretim maliyeti artar.

Tüketici Yönünden

Kurulacak bir tesiste:

- Alıcı transformatörünün (varsa), kumanda, koruma ve kontrol donanımının gereğinden daha büyük olmasına,
- İletkenlerin daha kalın kesitli seçilmesine neden olur.

Kurulu bir tesiste:

- Transformatör (varsa), o tesisatın kapasite ve veriminin düşmesine,
- Şebekeden daha çok reaktif enerji çekilmesine,
- Kayıpların ve gerilim düşümünün artmasına neden olur.

Sonuç: Görülen hizmet ve üretilen ürünün maliyeti artar.

Bütün bunlar yanında gereksiz yatırımlar yapılması ile milli ekonomiye zarar verilmiş olur.

3. KOMPANZASYON

Kompanzasyon, bir yükün zamana göre sabit yada değişken olan reaktif gücünü, güç faktörü kompanzasyon sistemi ile hemen yükün yanında üretmektir. Böylece enerji iletim hatları reaktif güçle yüklenmemiş olur. Eğer gerekli olan reaktif güç bu şekilde değil de, santrallerde üretilseydi; uzun enerji iletim hatları boyunca gereksiz kayıplar oluşacaktı. Enerji iletim hatlarının ucundaki alıcılar için gerekli olan güç aktif güçtür ve reaktif gücün var olması ; enerji iletim hatlarının, jeneratörlerin ve transformatörlerin aktif güç akımından daha fazla değerinde bir akım taşımalarına neden olacaktır. Bunun sonucu olarak tüm bu elemanlar üzerinde aşırı yüklenmeler olur yada bu elemanların daha fazla ısınmasına neden olduğu için bunların daha büyük boyutta seçilmelerine neden olur. Belli bir aktif güç için; küçük güç faktörü büyük reaktif güce karşılık düşer ve reaktif güç gerilim değişmelerine karşılık düşer. Bu yüzden alıcılardan güç faktörünün 1 yada 0.97 civarında tutulması istenir.

3.1. Kompanzasyon Yöntemleri

Alternatif akımlı enerji sistemlerinde reaktif güç kompanzasyonunun önemi bilinmektedir. Bu yüzden güç faktörünü ($\cos \phi$) düzeltmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir.

Kompanzasyon sistemlerinde yükün özellikleri oldukça önemlidir. Güç ve güç katsayısı yaklaşık olarak sabit olan bir yükün varlığı halinde uygun olarak seçilmiş bir kondansatör grubu sorunu çözebilir. Fakat yük her an sistemden farklı aktif ve reaktif güç çekebiliyor ise yukarıda önerilen yaklaşım burada geçerli olmaz.

Böyle bir problemin dört farklı çözüm yolu vardır:

- 1-Besleme sisteminin kısa devre gücünü arttırıp sabit kondansatör bataryası kullanmak
- 2-Mekanik olarak anahtarlanan şönt kondansatör grupları kullanmak.
- 3-Senkron makinaları kapasitif bölgede çalıştırmak yada ayrıca senkron kapasitör kullanmak
- 4-Tristörlü statik kompanzasyon sistemleri kullanmak.

Gerek ark fırınlarında gerek fazlarından farklı aktif ve reaktif güç çeken dengesiz yüklerde ve gerekse güç faktörünün anlık değişim gösterdiği tüketiciler, besleme sistemine etki ederek gerilim dalgalanmasına yol açarlar. İstenmeyen bu gerilim dalgalanmasını en aza indirmenin yolu; besleme sistemine değişken reaktif güç sağlayarak güç katsayısını sabit tutmaktan geçer.

Değişken reaktif güç sağlanmasında senkron reaktör kullanımı bir çözümdür. Enterkonnekte sistem ile paralel çalışan bir senkron makinanın uyarma akımı değiştirilerek reaktif güç denetimi yapılabilir. Yükün aktif ve reaktif güçleri sürekli olarak ölçülüp senkron makinanın uyarma devresi geri besleme olarak ayarlanırsa yükün bağlı olduğu barada güç katsayısının sabit kalması sağlanmış olur. dinamik kompanzasyon adı verilen bu yöntemin aşağıda verilen sakıncaları bulunmaktadır:

1. Döner makine kullanma zarureti ve eylemsizlik momentinin bulunması
2. Tepkime hızının yeterince büyük olmaması
3. Üç fazda ayrı ayrı denetim imkanının olmaması

Yukarıdaki dezavantajlarından dolayı dinamik kompanzasyon pek kullanılmamaktadır.

Bu sayılan sakıncalar tristörlü devrelerde ortadan kaldırılmıştır. Tristörlü devreler ‘Statik VAR Kompanzasyonu’ adı altında endüstride dinamik kompanzasyona tercih edilmektedir. Çok çeşitli statik kompanzasyon devreleri gerçekleştirilebilir. Ayrıca sürekli rejimde; senkron makinanın kompanze ettiği reaktif güçte kVAr başına yapılması gereken sabit yatırım masrafları ve hareketli sistemlerin dezavantajı olan sürekli bakım ve arıza gibi sorunlardan oluşan işletme masrafları; sistemin en büyük dezavantajıdır. Aynı şekilde; mekanik veya elektronik kontrol ile işletime alınan kondansatör grupları da istenilen hassasiyette çalışmamaktadır.

Söz konusu olan ve endüstride birçok uygulamada ortaya çıkan sorun; üç fazlı şebekenin stasyoner ve de dinamik olarak reaktif yüklenmesidir. Fazların dengesiz olması ise her faz için ayrı ayrı kompanzasyon yapılmasına neden olacaktır.

Tristör veya GTO gibi güç elektroniği elemanlarının hızlı çalışması ve hızlı gelişimi neticesinde günümüzde dinamik reaktif güç kompanzasyonu pek kullanılmamaktadır.

Ayrıca güç faktörünün 1'e yaklaşması ve hızlı değişen yüklerde bu değerde sabit tutulması dinamik sistemlerde yeterince hızlı gerçekleştirilememektedir. Statik reaktif Güç kompanzasyonu bu yönü ile de bir adım daha öne geçmektedir.

3.2. Statik Reaktif Güç Kompanzasyonu

Tanımları gereği, bir AC akım güç sistemine bağlandıklarında, kondansatör reaktif güç üretir, reaktörler (indüktörler) ise reaktif güç tüketir. Bunlar, reaktif gücün kontrolünde mekanik anahtarlarla beraber kullanılmaktadır. Reaktif güç kompanzasyonunda; önceleri, aşırı veya düşük uyarılmış senkron makinelerle ve sonraları da doymalı reaktörler ve bunlara bağlı kondansatörler ile yapılmaktaydı. Özellikle son yıllarda yüksek güçlü yarı iletkenlerin (tristörlerin) üretilmesi ile, reaktif gücün üretilmesinde gelişmeler sağlanmıştır. Yarı iletkenlerin kullanılması ile gerçekleştirilen sistemlere statik var jeneratörleri denir.

Bugün kullanılan tristör kontrollü statik var jeneratörleri, kondansatör ve/veya reaktörleri, şebekeye sokup çıkartarak değişken şönt empedans elde ederler. Uygun anahtarlama tekniklerinin kullanılması ile, belirli bir şebeke geriliminde, var jeneratörünün çıkışı maksimum kapasitif durumdan maksimum endüktif duruma getirilir.

3.2.1. Tristörlü Statik VAR Kompanzatörleri

Tristörlü statik var kompanzatörlerin çeşitli sınıflandırmaları yapılabilmektedir. Uygun olanın seçilmesi, bazı faktörlere bağlıdır. Bunlar; reaktif güç gereksinimi, kayıp karakteristiği, harmonik üretimi ve fiyatıdır.

Birçok statik var sistemi aşağıdaki kategorilerinden birine girmektedir.

1-Tristör kontrollü reaktör(TKR)

2-Tristör anahtarlama kondansatör(TAK)

3-Tristör anahtarlama kondansatör-Tristör kontrollü reaktör

(TAK-TKR)

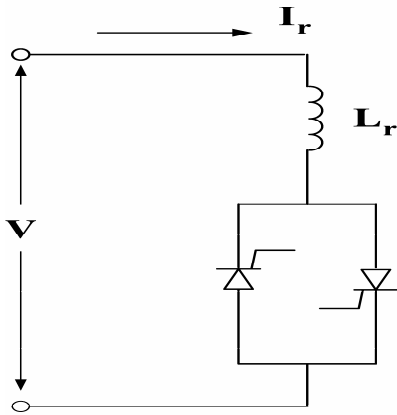
4--Sabit kondansatör-Tristör kontrollü reaktör (SK-TKR)

Yukarıdaki bahsedilen sistemlerden başka bir de, doymuş reaktörlerle ve yine yarıiletkenlerin kullanıldığı konvertör-invertör sistemleri mevcuttur.

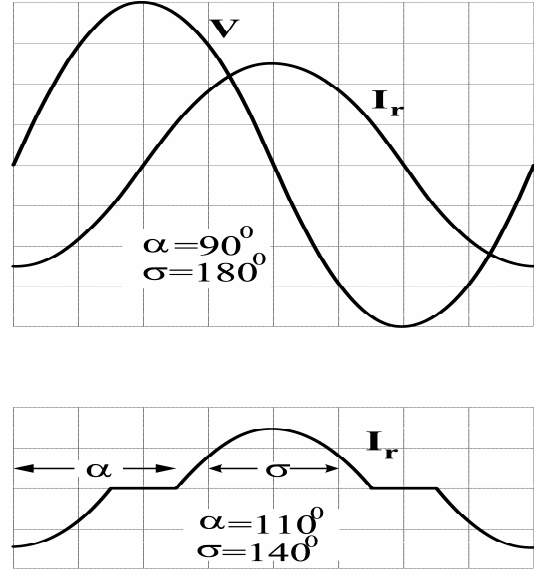
Bu sistemlerden hangisinin kullanılacağını kompanzasyon yapılacak sistem belirlemektedir.

3.2.1.1. Sabit Kapasiteli-Tristör Kontrollü Reaktörün Modeli

Tristör kontrollü reaktörün eşdeğer devresi, tetikleme açısı ile iletim açısı ve akım, gerilim değişimi Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. a



Şekil 3.1. b

Şekil 3.1. a. Tristör Kontrollü Reaktör’ün temel yapısı

Şekil 3.1. b. Gerilim ve akımın dalga şekli

3.3. AC Kıyıcının Reaktif Güç Kompanzasyonunda Kullanılması

Alternatif akım kıyıcıları; bir fazlı ve üç fazlı kıyıcılar olarak iki kısımdır. Yapı olarak ise birbirine paralel bağlanmış tristörlerden oluşmuştur. Bir fazlı alternatif akım kıyıcıları genel olarak aydınlatma, ısınma gibi harmoniklerin etki etmediği uygulamalarda kullanılmaktadır. Aşağıda alternatif akım kıyıcılarının genel özellikleri ve bunların reaktif güç kompanzasyonunda kullanımı incelenecektir.

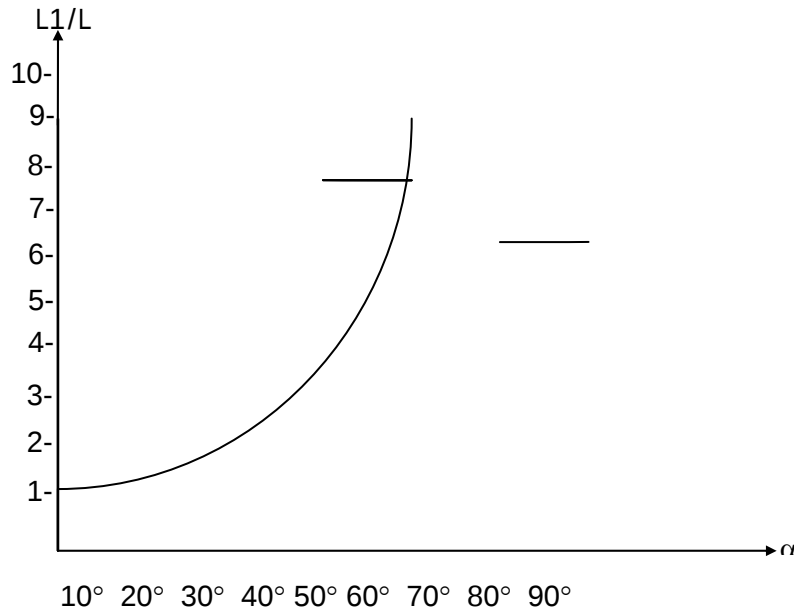
3.3.1. AC Kıyıcının Değişken Endüktans Özelliği

Temel bileşen endüktansı ,

$$L_1(\alpha)/L = \pi/(\pi - 2\alpha - \sin 2\alpha) \quad (3.1)$$

bağıntısı ile normalize edilmiş olarak verilmektedir.

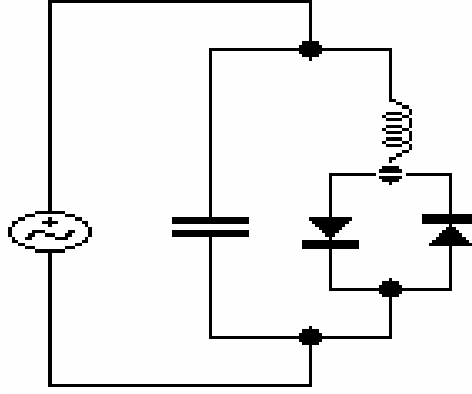
$L_1(\alpha)$, kıyıcı devrede, değişik tetikleme açılarında $i(\omega t)$ akımının temel bileşeni üzerinden saptanan endüktans değeridir. Yüğü saf bir endüktanstan oluşan bir AC kıyıcı, akımın sadece temel bileşeni göz önüne alındığında, α tetikleme açısına bağlı olarak, $L_1(\alpha)$ eşdeğer saf endüktansına dönüşür.



Şekil 3.2. Normalize saf endüktansın α ile değişimi

3.3.2. Kırıyıcı İle Değişken Kapasite Oluşturma

AC akım kırıyıcı ve seri selften meydana gelen tristör kontrollü reaktör daima endüktif karakterlidir. Bu sisteme uygun boyutlarda sabit paralel (şönt) kapasite bağlanırsa tetikleme açısına bağlı olarak, toplam sistem endüktif veya kapasitif karakterli yapılabilir. (Şekil 3.3)



Şekil 3.3. Tristör kontrollü reaktör ve sabit kapasite (SK-TKR)

Şekil 3.3'deki devrede toplam admitans bulunmalıdır. $L_1(\alpha)$ temel bileşen endüktansı esas alınacaktır. Diğer harmonik akımların süzüldüğü varsayılacaktır. α 'ya bağlı olarak $L_1(\alpha)$ ifadesi (3.1)'de verilmişti.

$$L_1(\alpha) = (L\pi) / (\pi - 2\alpha - \sin 2\alpha) \quad (3.2)$$

Tetikleme açısının $0 < \alpha < \pi/2$ aralığında kontrol edildiği bilinir. $\alpha=0$ için $L_1(\alpha)=L$ ve $\alpha=\pi/2$ için $L_1(\alpha) \gg L$ şeklindedir. Paralel devrenin empedansları $wL_1(\alpha)$ ve $1/wC$ 'dir. j operatörü de göz önüne alınırsa kompleks admitans ifadesi,

$$Y = j(w^2 L_1(\alpha) C - 1) / wL_1(\alpha) \quad (3.3)$$

bulunur. Bu ifadenin modülü devre kayıpsız olduğundan 'B' suseptansına eşit olacaktır.

$$B(\alpha) = j(\omega L(1 - C\omega^2 L^2)) / \omega L(1 - C\omega^2 L^2) \quad (3.4)$$

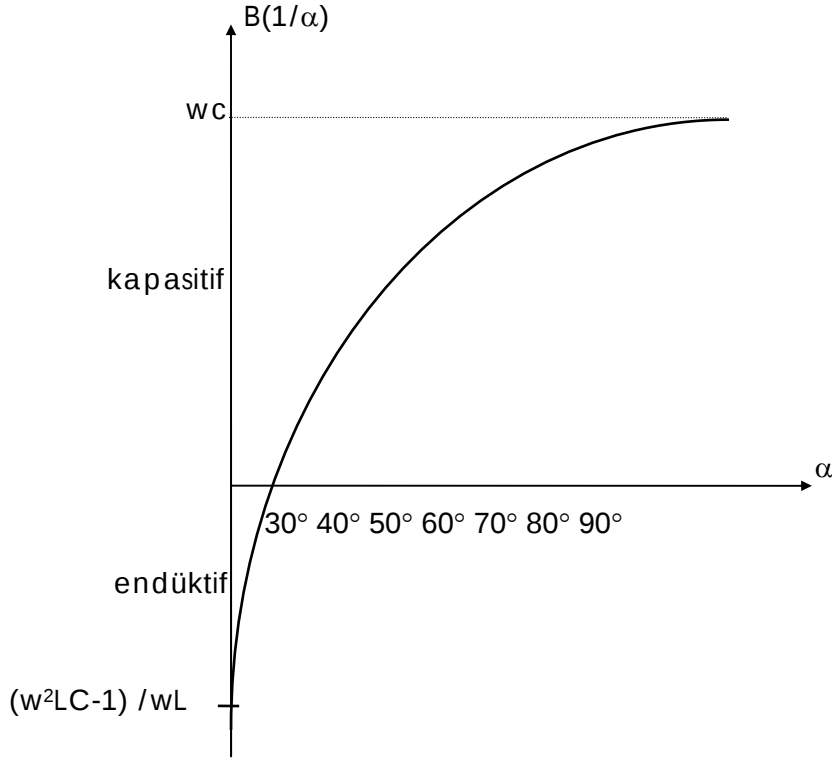
$L(1 - C\omega^2 L^2)$ eşdeğeri (3.4)'de yerine konursa ,

$$B(\alpha) = \frac{\omega^2 LC \pi - \pi + 2\alpha + \sin 2\alpha}{\omega L \pi} \quad (3.5)$$

Toplam suseptansı bulunacaktır. (3.5), kompanzatörün kontrol karakteristiğini verdiğinden çok önemlidir. Bundan sonra (3.5) ifadesi tüm kontrol işlemlerinde esas alınacaktır. İstenilen özellik B suseptansının geniş bir aralıkta, hem endüktif ve hem de kapasitif bölgede değişmesini sağlamaktır. Bunun için,

$$\omega L < 1/\omega C \quad \text{veya} \quad \omega^2 LC < 1$$

koşulunu (3.5) ifadesinin sağlamasıdır. Aksi durumda, $\omega^2 LC = 1$ veya $\omega^2 LC > 1$ ise kompanzatör sadece kapasitif bölgede kalacak ve değişen bir kapasite gibi davranacaktır. Endüktif bölgede çalışmak için L endüktansının gücü, C kapasitesinden büyük tutulmalıdır. (Şekil 3.4)



Şekil 3.4. B suseptansının endüktif ve kapasitif bölgede α 'ya bağlı değişimi

B suseptansı Şekil (3.4)'teki gibi değişirken devrenin (α)'ya bağlı reaktif güç değişiminin bilinmesi yararlıdır.

Şekil (3.3)'den faydalanarak devrenin çektiği I_f akımı, kaynak fonksiyonu $U=U_m \cos \omega t$ ve gerilimin efektif değeri $U_{eff} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$ olduğuna göre kompleks ifade olarak,

$$I_f = jU_{eff}[wC - 1/wL1(\alpha)] \quad (3.6)$$

şeklinde yazılabilir. Reaktif gücün kompleks ifadesi ,

$$Q = \text{Im}[U.I_f^*]$$

yazılabilir. Burada U gerilim fazörü, I_f^* temel bileşen akımının eşleniğidir.

$$Q = \text{Im}\{U_{eff} [-jU_{eff}(wC-1/WL1(\alpha))]\}$$

$$Q = -U_{eff}^2 (wC-1/WL1(\alpha))$$

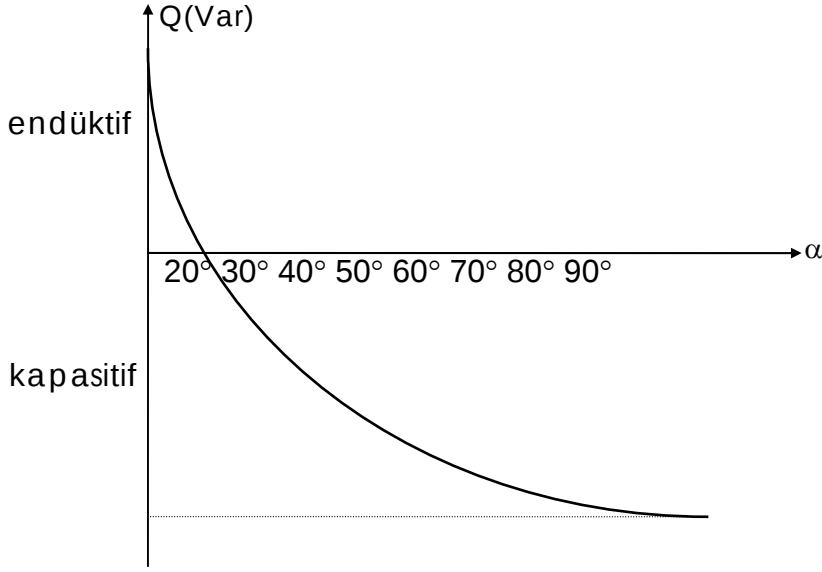
olduğu görülür. Öyle ise

$$Q(\alpha) = -B(\alpha)U_{eff}^2 \quad (3.7)$$

Bağıntısı elde edilir. Burada $B(\alpha)$, (3.5) ile verilmiştir. (α) tetikleme açısına göre $Q(\alpha)$ 'nın değişimi gösterilebilir (Şekil 3.5); (3.7) ifadesi ile belirlenen ve Şekil (3.5)'de gösterilen karakteristik, eğer reaktif güç referans alınır, kompanzatör kontrolü için bir kontrol karakteristiği olarak kullanılabilir.

Tristör kontrollü reaktör ve sabit kapasiteden (TKR-SK) oluşan kompanzatörün suseptans bağıntısı, $B(\alpha)$, (3.5) ile verilmişti. Şimdi tetikleme açısı (α) sabit iken w sistem frekansı değiştiğinde $B(w)$ 'nin değişimini gözlemek, yüksek frekanslarda kompanzatörün nasıl davranacağı hakkında bilgi verecektir.

$$B(w) = \frac{\omega^2 LC \pi - \pi + 2\alpha + \sin 2\alpha}{\omega L \pi} \quad \alpha = \text{sabit} \quad (3.8)$$

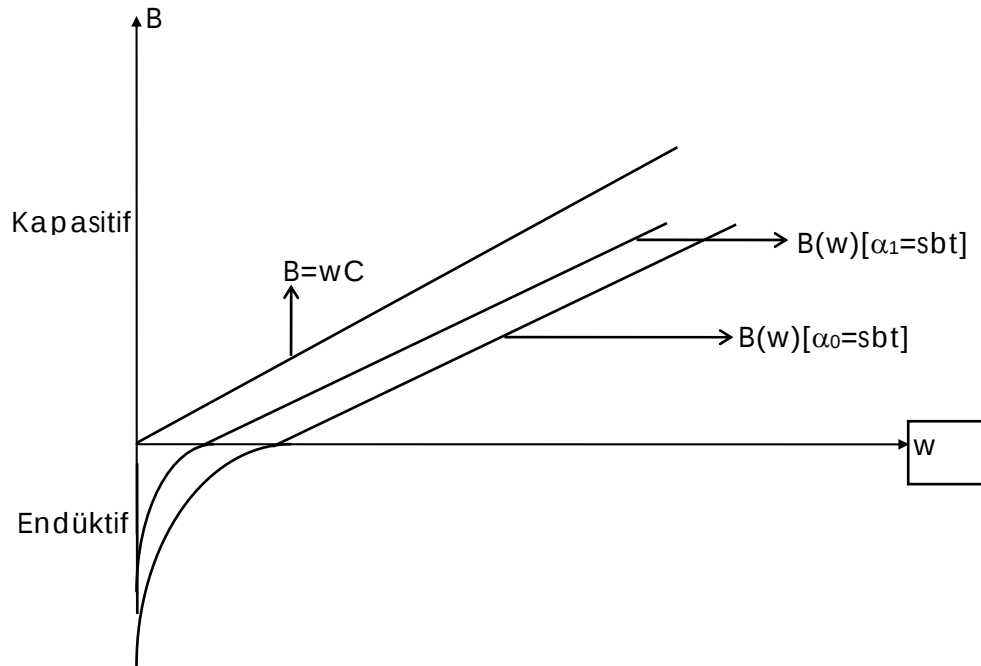


Şekil 3.5. $Q(\alpha)$ reaktif endüktif ve kapasitif bölgede α 'ya bağlı değişimi

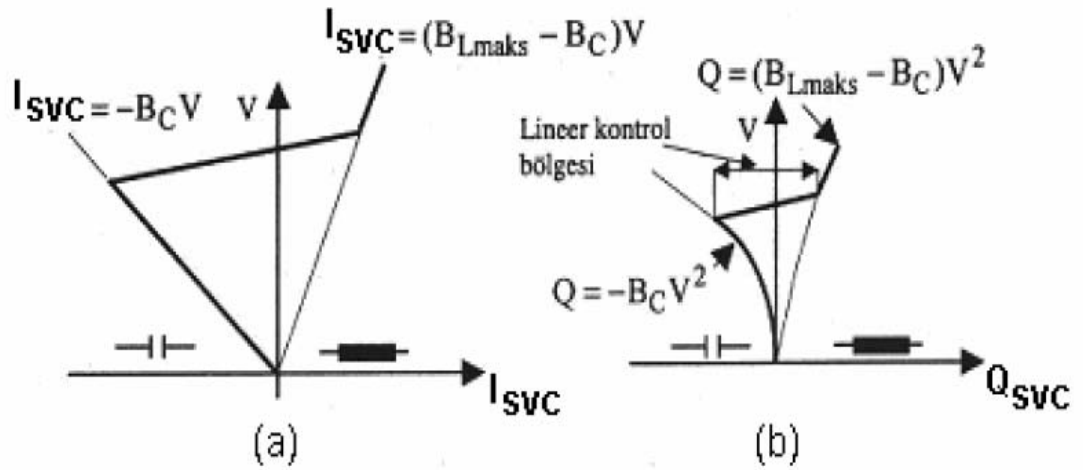
Eğer $C=0$ ise veya sadece tristör kontrollü reaktör (TKR) için

$$B_L(\omega) = (2\alpha + \sin 2\alpha - \pi) / (\omega L \pi) \quad | \quad \alpha = \text{sabit} \quad (3.9)$$

İfadesi bulunacaktır. Şekil (3.6) ile verilen TKR/SK kompanzatörün bir güç sistemine bağlı olduğu düşünülürse, yüksek frekanslarda (geçici hal cevabını da düşünerek) kapasitif davrandığı ve tetikleme açısından bağımsız olduğu söylenebilir

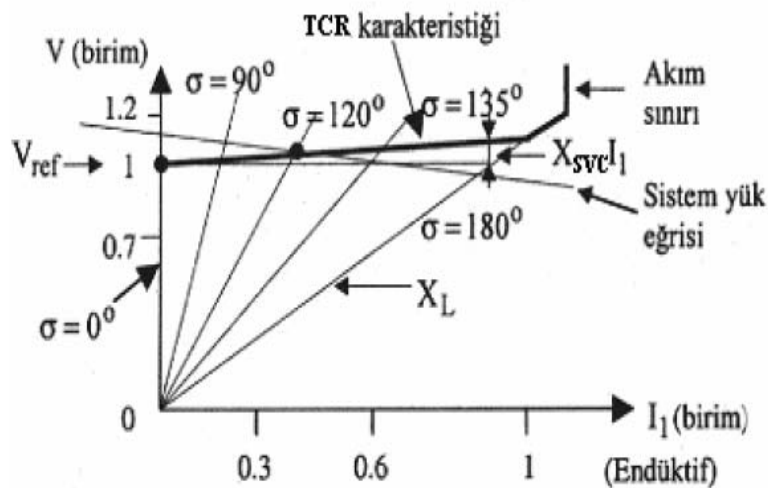


Şekil 3.6. SK-TKR kompanzatörün suseptans-frekans karakteristiği



Şekil 3.7. SVC yapısının V-I karakteristiği

Şekil 3.7-a’da sürekli hal çalışma koşulunda SVC yapısına ilişkin V-I karakteristiği, Şekil 3.7-b’de ise Q-V karakteristiği verilmiştir. Bu karakteristiklerde (lineer kontrol bölgesinde) çalışma limitlerini TKR bobininin maksimum süseptans değeri (BL_{max}) ve B_c değerleri belirler. ; filtre içinde yer alan kapasitenin süseptans değeri ile devrede etkin durumda olan TSC yapılarının kapasitelerine ilişkin süseptans değerlerinin toplamından meydana gelir. Eğer V değeri belirli bir süre için (0.3 birim gibi) çok düşük seviyelere düşer ise, sistemi kontrol etmek ve tristörleri tetiklemek için gereken enerji sağlanamayacağı için SVC yapısı devre dışına çıkar (çalışmaz). Eğer gerilim düzene girerse SVC tekrar çalışmaya başlar. İdeal bir SVC aktif ve reaktif güç kaybı olmayan, gerilimi referans gerilime eşit, cevap hızı yüksek kontrolör tipidir.



Şekil 3.8. TKR'ye ilişkin V-I karakteristik eğrisi

$$V = V_{ref} + X_{SVC} I_1 \quad (3.10)$$

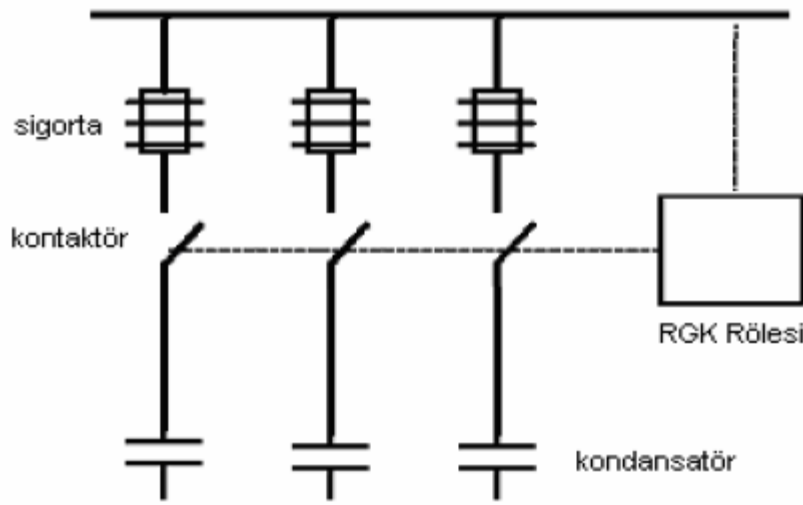
(3.10) ifadesinde kullanılan X_{SVC} değeri kontrol sistem kazancı ile saptanan reaktansa karşı gelir.

Şekil 3.8’de görüldüğü gibi (TKR karakteristiği ile sistem yük eğrisinin kesiştiği nokta) $\sigma = 120^\circ$ için V bara gerilimi 1 (birim) değerinin az üstündedir. Diğer bir ifade ile

mevcut yük durumu için $\sigma = 120^\circ$ 'de çalışılması durumunda TKR görevini yapmış ve bara gerilimi etkin değerini yaklaşık olarak 1 (birim) değerinde tutmuştur.

3.4. Kompanzasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması

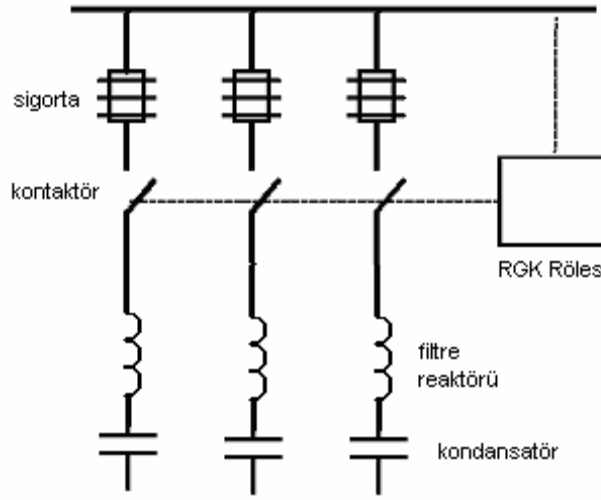
Reaktif güç kompanzasyonunda, Türkiye'de en sık karşılaşılan çözüm olarak kontaktörlü yalın kondansatör bankaları kullanılmaktadır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Kontaktörlü yalın kondansatör bankalarıyla kompanzasyon

Bunun nedeni, bu sistemlerin ekonomik ve kolay bir çözüm sunmasıdır. Bu yöntem, yükün reaktif güç ihtiyacına göre, belli bir dizine sahip kondansatör kademelerinin, elektronik reaktif güç kontrol (RGK) rölesi ve kontaktörler yardımıyla devreye alınıp, devreden çıkarılmasına dayanır. Hızlı değişmeyen yükler için ekonomik ve kolay bir yöntem olmasına karşın, bu yöntemin çeşitli sakıncaları vardır. Kontaktörler şebeke gerilimi ve kondansatör üzerindeki gerilimi dikkate almadan rastgele bir anda ateşleme yaptıklarından dolayı, bara üzerinde ani ve hızlı gerilim yükselmeleri veya çukurları ile kondansatörler üzerinde aşırı geçiş akımları oluşabilmektedir. Bir kondansatör bankasının enerjilendirilmesiyle, ilk tepe gerilimi nominal gerilimin rms değerinin katına kadar ulaşabilen bir geçici rejim (transient) aşırı gerilimi (örnek: kondansatör henüz deşarj olmamış ve gerilimi negatif tepe değerinde, bara ise pozitif tepe değerinde olması durumu) ve tepe değeri kondansatörün nominal akımının 100 katına kadar ulaşabilen geçici rejim aşırı akımı oluşabilir. Bu durum aynı baradan beslenen PLC,

CNC ve motor sürücü gibi hassas sistemlerin bozulmasına ya da yanlış çalışmasına ve kondansatörlerin ömürlerinin kılmasına neden olmaktadır. Kontaktör yapışması ise sıkça karşılaşılan diğer bir önemli mekanik sorundur. Bununla birlikte yalnız kondansatörlerin şebeke empedansı ile rezonansa girip patlama tehlikesi de vardır. Kontaktörlü filtreli kondansatör çözümü ile yalnız kondansatör yönteminin bazı sakıncalarının önlenmesi amaçlanmıştır (Şekil 3.10).

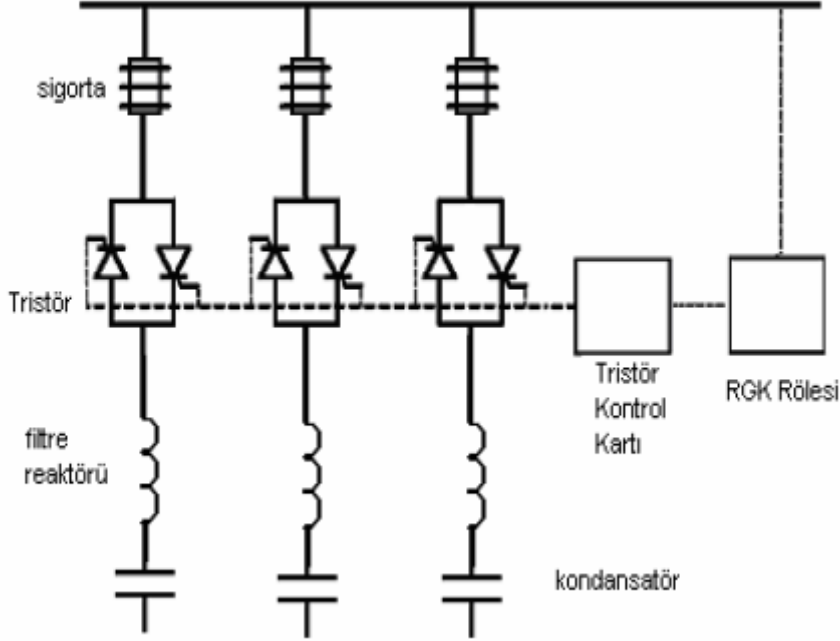


Şekil 3.10. Kontaktörlü ve filtreli kondansatör bankalarıyla kompanzasyon

Kondansatöre seri olarak bağlanan bir anti-harmonik filtresi ile rezonans riski azaltılmakta, anahtarlama esnasında oluşan geçici aşırı akım ve gerilim bileşenleri de sınırlandırılmaktadır. Ancak bu bileşenler tamamen ortadan kalkmamaktadır. Dolayısı ile, kontaktör yapışmalarına bu sistem yapısında da rastlanabilmektedir. Bu sistem de yine yalnız kondansatör yöntemindeki gibi, hızlı değişen yüklerin kompanzasyonunda kullanılamamaktadır.

Hızlı değişen yük durumlarında güç faktörünün elektromekanik olarak sürülen kondansatör kademeleriyle değişmesi zordur. Böyle durumlarda geleneksel sistem, yükün ihtiyacı olan reaktif gücü karşılamakta gecikir. Dolayısı ile, tristör anahtarlamalı kondansatör bankalarının kullanımı zorunluluk haline gelmiştir. Tristör anahtarlamalı kompanzasyon sistemleri, bara gerilimi ile kondansatör geriliminin sıfır noktasında kondansatör bankalarını devreye alma ve akımın sıfır noktasında devreden çıkarma

esasına göre çalışır. Bununla birlikte, kondansatörlere seri olarak bağlanan anti-harmonik filtresi ile rezonans riski de bertaraf edilmektedir.



Şekil 3.11. Tristör anahtarlama kondansatör bankalarıyla kompanzasyon

Geçici rejim aşırı akım ve gerilimlerin oluşması, kondansatörlerin hangi anda ateşlendiğine bağlıdır. Verilen bir zamanda kondansatör üzerinden geçen akım aşağıdaki denklemle ifade edilir:

$$i(t) = \frac{V_m}{X_C - X_L} \cos(\omega t + \alpha) - \frac{V_m}{X_C - X_L} \cos(\alpha) \cos(\omega_r t) + \left[\frac{X_C V_m \sin(\alpha)}{\omega_r L (X_C - X_L)} - \frac{V_{co}}{\omega_r L} \right] \sin(\omega_r t)$$

Burada X_C ve X_L kademedeki kondansatör ve reaktörün reaktansını, V_m kaynağın maximum anlık gerilim değerini, α kondansatörün bağlı olduğu baradaki gerilimin faz açısını, ω_r sistem rezonans frekansını ($\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$), V_{co} $t = 0$ anındaki kondansatör gerilimini belirtmektedir. (Bu denklemde sistemin eşdeğer direnci ihmal edilmiştir.) [4]

Geçici rejimleri olmayan bir anahtarlama için $\cos\alpha = 0$ ve $V_{co} = \pm V_m (X_C / (X_C - X_L))$ koşulları eş zamanlı olarak sağlanmalıdır. Sürekli değişen koşullarda, mükemmel geçici rejimsiz bir anahtarlamaı sağlamak imkansızdır, ancak uygun bir kontrol stratejisiyle tristörün, kabul edilebilir sınırlarda anahtarlama yapması sağlanabilir.

Tristör anahtarlamaı kondansatör sistemlerinin avantajları aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

1. Her kondansatör grubu anahtar uçlarındaki sıfır gerilim anında devreye alınacağı için anahtarlama dalgalanmaları engellenmiş ve aynı AG baradan beslenen elektronik cihazlar ise parazitlerden uzak tutulmuş olacaktır.
2. Kondansatörün devreden çıkarılması akımın sıfır anında olacağı için akım kesmesinden kaynaklı paralel endüktif yükler üzerindeki yan etkiler ortadan kalkacaktır.
3. Yukarıdaki avantajlardan dolayı tristör anahtarları çok hızlı seviyelerde çalıştırılabilirler. Yük tarafından ihtiyaç duyulduğu takdirde tristör bir periyot içinde yanıt verebilir.
4. Tristörlü anahtarlama, kaynak makinesi, vinç, asansör ve benzeri sık ve kısa periyotlarla reaktif güç ihtiyacı olan endüktif yüklerin reaktif güç ihtiyacını anlık olarak karşılayabilecek tek yöntemdir.
5. Geleneksel kompanzasyon sistemlerdeki dalgalanmaların ve mekanik kısımların hareketinden kaynaklı kayıplar olmayacağı için kondansatörlerin ömrü uzayacaktır.

Tablo 1. Kompanzasyon sistemlerinin karşılaştırılması

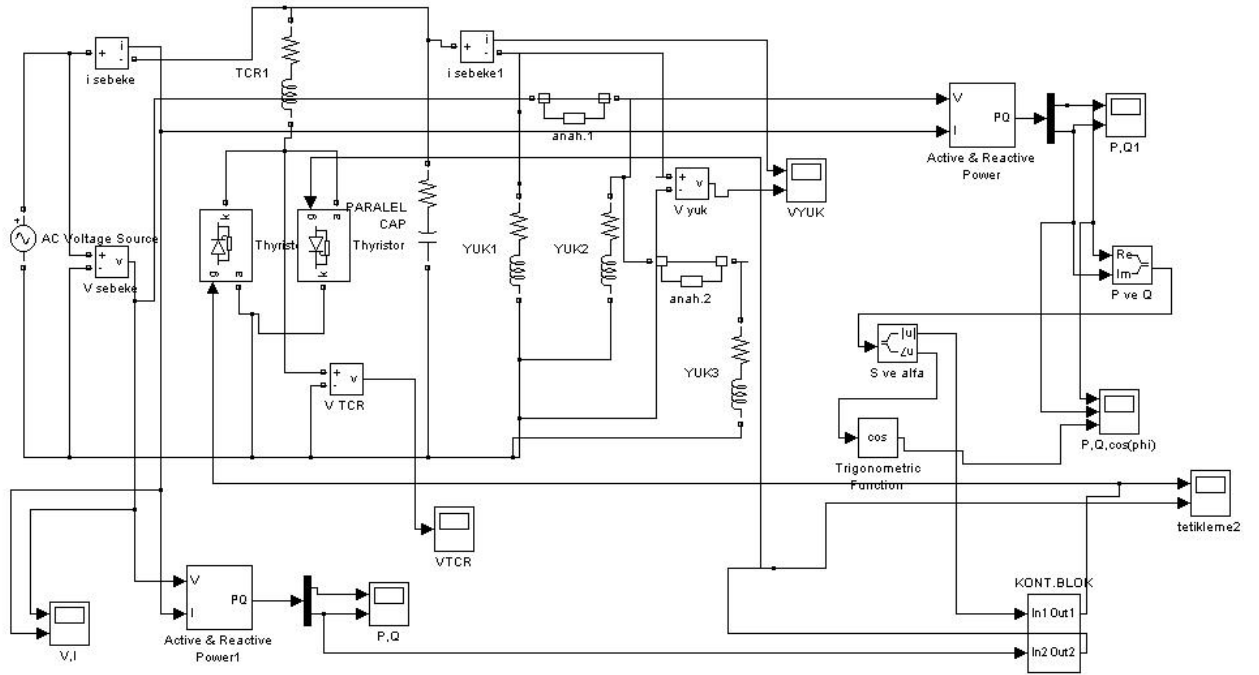
Özellikler	Kontaktör Anahtarlama	Tristör Anahtarlama
Anahtarlama metodu	Kontrolsüz anahtarlama	Sıfır gerilimde anahtarlama
Anahtarlama Dalgalanmaları	Çok yüksek	İhmal edilebilir
Yanıt Süresi	Çok ağır (dakikalar seviyesinde)	Çok hızlı (milisaniyeler seviyesinde)
Açma/kapama sayısı	Sınırlı	Sınırsız
Anahtar tipi	Elektromekanik. Çok aşınma ve bozulma. Kısa ömürlü	Yarı iletken. Aşınma ve bozulma yok. Uzun ömürlü
Bakım maliyetleri	Çok yüksek	İhmal edilebilir

4. PROJEDE GERÇEKLEŞTİRİLEN ÇALIŞMALAR

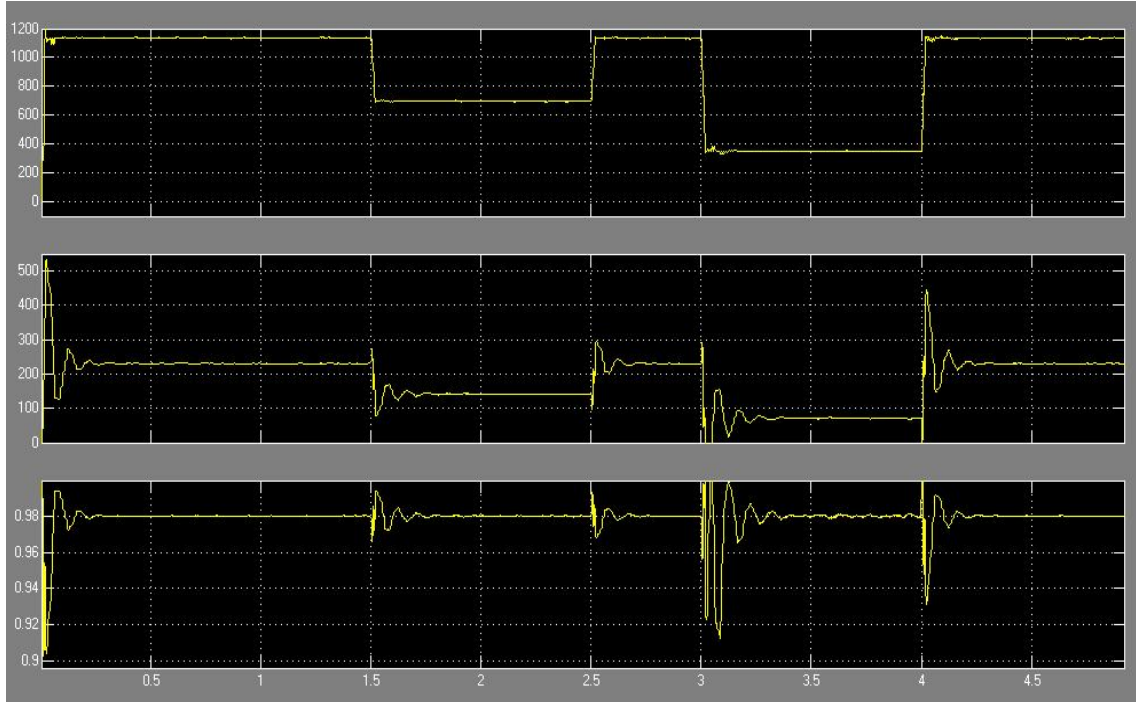
Projede gerçekleştirilen çalışmalar ve yapılan uygulamalar bu bölümde anlatılmıştır.

4.1. SK-TKR Kompanzatörün MATLAB-Simulinkte Modellenmesi

- Mevcut A.G. şebeke baz alınarak Şekil 4.1’de gösterildiği gibi üç adet endüktif karakterli yük modellenmiştir.
- Yüke kompanzasyon amaçlı paralel olarak sabit kondansatör ve TKR sistemi modellenmiştir.
- Yünün ihtiyacı olan reaktif güç, α gecikme açısı ile kontrol edilen TKR sistemi ile yüke enjekte edilecek şekilde modellenmiştir.
- Yükleri belirli sürelerde devreye alacak ve bu süre sonunda devreden ayıracak anahtarlar modellenmiştir.
- Bu model Şekil 4.1’de gösterilmiştir.

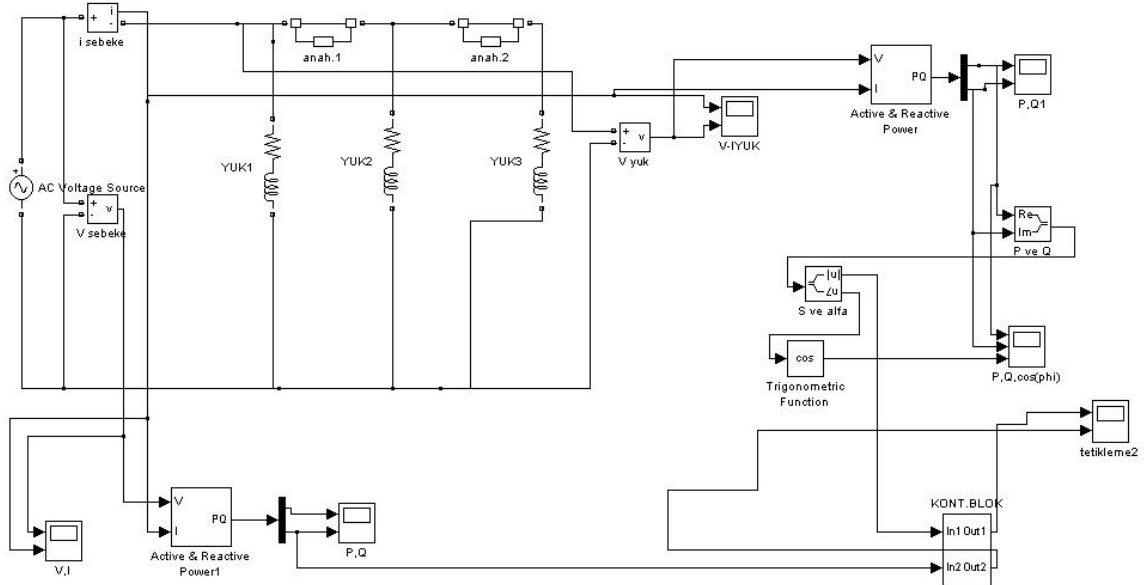


Şekil 4.1. SVC Matlab-Simulink modeli



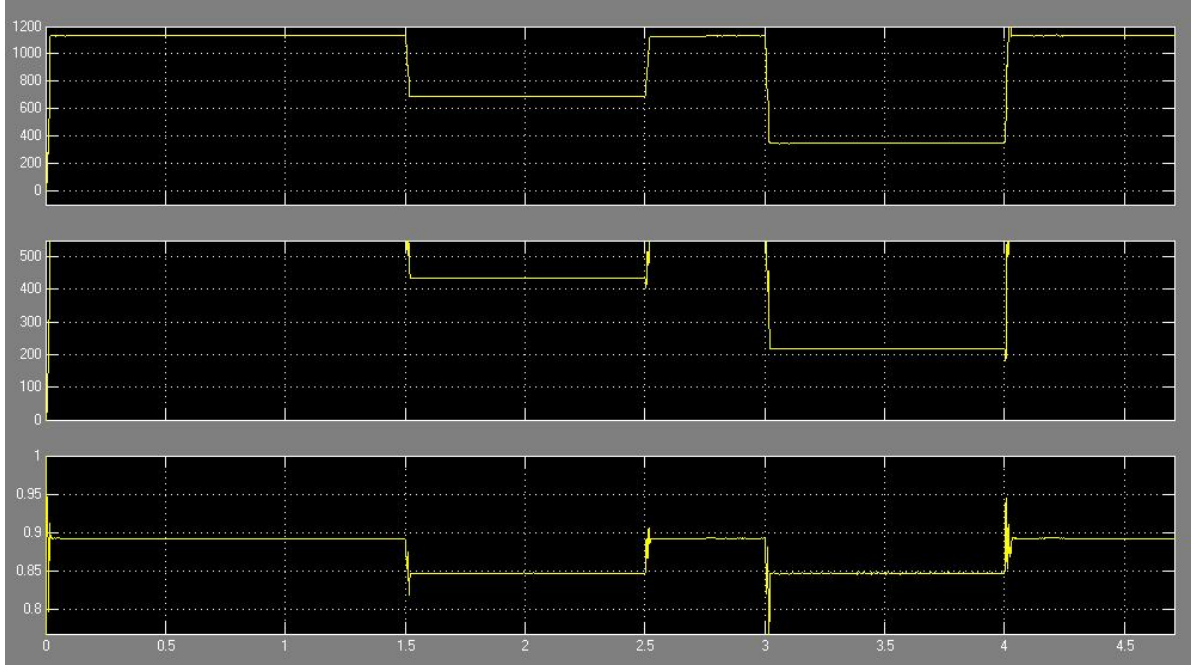
Şekil 4.2. Kompanzasyonu yapılmış sistemin sırası ile aktif, reaktif güç ve $\cos(\phi)$ değerleri

Kompanzasyonun etkisini görmek için kompanzatör sistemden ayrılmıştır. Bu şekilde yüklerin ihtiyaç duyduğu ve şebekeden çektiği aktif ve reaktif güçler ile $\cos(\phi)$ ölçülmüştür. Bu devre Şekil 4.3’de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Kompanzasyonsuz devre modeli

Bu devre çalıştırıldığında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 4.4. Kompanzasyonsuz sistemde sırası ile aktif reaktif güç ve $\cos(\phi)$

Bu simülasyondan da görüldüğü gibi bir yandan sabit kondansatörler kapasitif reaktif güç üretirken diğer yandan kontrollü reaktör endüktif reaktif güç tüketecektir. Belirli bir reaktif güç seviyesinde kondansatör grubunun reaktif güç üretimi sabit olduğundan, sistemin reaktif güç üretimi ateşleme açılarının değişimi ile sağlanmaktadır.

4.2. Uygulamada Gerçekleştirilen Devreler

Projede gerçekleştirilen devreler bu bölümde anlatılmıştır.

DC Gerilim Kaynağı

Bu devre mevcut 220 V'luk şebekeden ± 15 V ve ± 5 DC gerilim elde etmek için gerçekleştirilmiştir.

AC Kıyıcı

Bu devreyi şebekenin sıfırlarını görmek için ve osiloskop ile gerilimin kıyılmasını test etmek için kullanılmıştır.

Sensör Devresi

Bu devre akım ve gerilim ölçümü yapan sensörlerin beslenmesini, kalibrasyonunu ve sensörler tarafından elde edilen verilerin bilgisayar ortamına aktarılmasını sağlamak için kullanılmıştır.

4.3. Uygulamada Kullanılan Özel Elemanlar

Bu bölümde uygulamada kullanılan özel elemanlar anlatılmıştır.

LEM HAL50-S Akım Sensörü

Bu sensör DC ve değişik dalga formlarındaki AC akımların ölçülmesi ve bunlara göre analog çıkış sinyali verilmesinde kullanılmıştır. (Bakınız Ek 1)

LEM LV25-P Gerilim Sensörü

Bu sensör DC ve AC gerilimlerin ölçülmesi ve bunlara göre analog çıkış sinyali verilmesinde kullanılmıştır. (Bakınız Ek 2)

NATIONAL INSTRUMENTS PCI 1200 DAQ CARD

Bu kart sensörlerde alınan analog girişlerin bilgisayar ortamına aktarımını sağlayan ve bu sinyalleri kullanarak çeşitli işlemleri, hesaplamaları gerçekleştiremede kullanılmıştır. (Bakınız Ek 3)

4.4. Devrenin Çalışma Prensibi

Öncelikle akım ve gerilim sensörlerinin beslemeleri ve gerekli bağlantılar yapılır. Sonra yük devreye alınır. Yükün çektiği akım ile şebeke gerilimi, akım ve gerilim sensörleri ile ölçülür. Elde edilen bu değerler DAQ CARD vasıtası ile bilgisayara aktarılır ve yükün çektiği aktif ve reaktif güçler hesaplanır.

Akım ve gerilimin sıfır geçişlerinin belirlenmesi ile bu değerler arasındaki faz farkı bulunur. Bu değer kullanılarak $\cos \phi$ hesaplanır. Bu $\cos \phi$ değeri kullanılarak istenilen tetikleme sinyalleri oluşturulur. Tetikleme sinyalleri vasıtası ile yükün ihtiyacı olan reaktif güç, reaktörlerden yüke verilir.

5. SONUÇ

Güç elektroniğinin gelişmesi ile birlikte, bozulma yaratan ve/veya bozulmalardan etkilenen yüklerin daha yaygın kullanılmaya başlanması, kullanıcılar için her geçen gün daha fazla kayıp ve hasara yola açan güç kalitesi problemlerinin üzerinde daha titizlikle durulması gerekliliğini doğurmuştur.

Günümüzde kullanılan geleneksel reaktif güç kompanzasyon teknikleri, çeşitli güç kalitesi problemlerini de beraberinde getirmektedir. Bu çalışmada kontaktör anahtarlama geleneksel kompanzasyon yöntemleri modern statik anahtarlama sistemlerle hem teorik hem de deneysel olarak kıyaslanmıştır. Sonuç olarak, kontaktör anahtarlama sistemler, şebekede bozucu etkilerde bulunan aşırı akım ve gerilim bileşenleri yaratırken, tristör anahtarlama statik kompanzasyon sistemleri herhangi bir güç kalitesi problemine neden olmamaktadır. Yukarıda sayılan özelliklerinden dolayı ve yarı-iletken teknolojisinin gün geçtikçe ucuzlaması ve yaygınlaşmasının bir sonucu olarak, daha hızlı, güvenli ve ekonomik olan statik anahtarlama çözüm, kontaktörlü sistemlerin yerini alacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Kıyan, M., Kayabaşı, M. v.d., (2005) “Alçak Gerilim Reaktif Güç Sistemlerinin Deneysel Karşılaştırılması”, pp., 1-6.
- [2] Kocatepe , C., Uzunoğlu, M., Yumurtaacı, R., Gülez, K. v.d., (1999) “Tristör Kontrollü Reaktörün İletim Açısına Bağlı Harmonik Etkileri ve Stabilitesi” , YTÜ Dergis, pp., 2.
- [3] Kara, A., Yalçınöz, T. v.d. (17–19 Kasım 2005), “ Esnek AC İletim Sistemlerinde Kullanılan Cihazlar ve TKR, SVC, TAK Yapılı Paralel Kompanzatörlerin Yük Gerilimine Etkisinin Matlab Ortamında” II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi MBGAK 2005, İstanbul, pp., 143-146.
- [4] Eminoğlu, U., Yalçınöz, T., Herdem, S., v.d., (01-03 September, 2003) “Analysis Of FACTS Devvices For Dynamic Loads Using MATLAB”, pp. 377-380, Thessaloniki, Greece.
- [5] Çetinkaya, H. B., Öztürk, S., Basa, Arsoy A., Alboyacı, B., Şengü, M., Türker, T., v.d., (Mayıs / 2005), “Enerji İletim Hatlarındaki Enerji Kalitesini Düzenleyen Klasik ve Modern Kontrol Yapıları”, Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu, Kocaeli.
- [6] Uzunoğlu, M., Kocatepe, C. v.d., (5 Mayıs 2004), “Tristör Kontrollü Reaktör İçeren Statik VAR kompanzatörler ve Harmonik Etkinliği”, pp., 2-4.
- [7] TMMOB, v.d, (1999) “TMMOB Reaktif Güç Kompanzasyonu Seminer Notları”, İstanbul, EMO, pp., 1-8.

ÖZGEÇMİŞ

Ad, Soyad: Emrullah AYDOĞDU

Doğum Tarihi : 09.01.1984

Doğum Yeri : SAMSUN

Ortaokul-Lise : 1995-2002 Alaçam Anadolu Lisesi

Staj Yaptığı Yerler : BEDAŞ (6 Hafta), OSEL Elektrik (6 Hafta)

Ad, Soyad: Oğuz OLGUN

Doğum Tarihi : 24.10.1983

Doğum Yeri : TRABZON

Ortaokul-Lise : 1995-2002 Vakfıkebir Anadolu Lisesi

Staj Yaptığı Yerler : TEİAŞ Trabzon (6 Hafta), AREVA T&D (6 Hafta)